

**Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ- дағы «Машина жасау» бағыты (D103 – «Механика және металл өңдеу», D113 Материалдарды қысыммен өңдеу технологиясы БББТ) бойынша  
диссертациялық кеңестің  
№ 3 ХАТТАМАСЫНАН ҮЗІНДІ**

Алматы қ.

12 наурыз 2026 ж.

**ҚАТЫСҚАҢДАР:**

**Тұрақты құрамы:** Елемесов Қасым Көптілеуұлы - диссертациялық кеңестің төрағасы, техника ғылымдарының кандидаты, профессор; Абсадықов Бахыт Нарикбаевич - диссертациялық кеңес төрағасының орынбасары, техника ғылымдарының докторы, профессор; Тошов Жавохир Буриевич - техника ғылымдарының докторы, И.Каримов атындағы Ташкент мемлекеттік техникалық университетінің профессоры; Басқанбаева Динара Жұмабайқызы - диссертациялық кеңестің ғылыми хатшысы, PhD докторы, қауымдастырылған профессор.

**Төраға:** Құрметті диссертациялық кеңестің мүшелері! Құрметті әріптестер!

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университетінің 08.10.2024 жылғы № 456-П/Ө бұйрығына сәйкес «Машина жасау» бағытының (D103 – «Механика және металл өңдеу», D113 Материалдарды қысыммен өңдеу технологиясы БББТ), 8D07113 – «Аддитивті өндіріс» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін беру үшін докторлық диссертацияны қорғау мақсатында құрылған диссертациялық кеңестің тұрақты құрамының ғылыми хатшыны қоса алғанда 4 мүшесі бекітілген.

Отырысқа кеңестің 4 тұрақты мүшесі **қатысып отыр:**

1. Төраға Елемесов Қасым Көптілеуұлы - т.ғ.к., профессор;
2. Төрағаның орынбасары - Абсадықов Бахыт Нарикбаевич, т.ғ.д., профессор;
3. Тошов Жавохир Буриевич - т.ғ.д., профессор;
4. Ғылыми хатшы - Басқанбаева Динара Жұмабайқызы, PhD докторы, қауымд. профессор.

**2026 жыл 3 ақпан № 1-ші хаттамаға сәйкес** Ибраим Әлібек Саматұлының диссертациялық жұмысын қорғауға кеңестің уақытша мүшелерінің келесі құрамы бекітілді:

1) Джомартов Асылбек Әбдіразақұлы - эксперименттік зерттеулер зертханасының меңгерушісі, техника ғылымдарының докторы, мүше-кор. ҚР ҰИА. Академик Ө. а. Жолдасбеков атындағы Механика және машинатану институты. Хирш индексі -6.

2) Ибрагимова Зәуре Асилбекқызы - PhD, "Механика және машина жасау" кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Оңтүстік Қазақстан университеті. М. Әуезова, Шымкент қ., Қазақстан Республикасы. Хирш индексі -4.

3) Мурзахметова Ұлбала Асқарбековна - техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Л.Б. Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институты (Алматы қ.), Хирш индексі -2.

**Отырысқа қатысып отырған:**

Диссертациялық Кеңестің бекітілген құрамынан 9 адам (оның ішінде 3 уақытша ДК мүшесі);  
оффлайн – 8;

онлайн - 1;

қатыспады – 0.

Ресми рецензенттердің екеуі де офлайн қатысып отыр.

Кеңес отырысын өткізу үшін кворум бар. Диссертациялық кеңестің 7 мүшесінен, отырысқа қатысып отырғандар - 7, диссертациялық кеңестің барлық мүшесі түгел, сондықтан отырыс құзыретті болып саналады.

Құрметті ғылыми хатшы, қатысу парағына диссертациялық кеңестің барлық қатысқан мүшелері қол қойды ма?

Диссертациялық кеңестің отырысын бастауға ұсыныс бар. Кім осы ұсынысты қолдайды? Дауыс беруді сұраймын. Қалыс қалғандар бар ма?

Жоқ.

Қарсы.

Бірауыздан қабылданды.

**Төраға:** Құрметті әріптестер! Дауыс беруді ескере отырып, диссертациялық Кеңестің отырысын ашық деп санауға рұқсат етіңіздер.

## 2. Күн тәртібіндегі мәселелерді жариялау және бекіту.

**Төраға.**

**Күн тәртібінде:**

Ибраим Әлібек Саматұлының диссертациялық жұмысын қорғауы. Диссертация тақырыбы: «Электр қозғалтқышының конструкциясын жақсарту үшін аддитивті технологияның қолдану мүмкіндіктерін зерттеу». 8D07113 – «Аддитивті өндіріс» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін ұсынылған диссертациялық жұмыс. Диссертант өз жұмысын Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университетінде орындаған.

**Ғылыми кеңесшілер:**

1. Абсадықов Бахыт Нарикбаевич техника ғылымдарының докторы, «Машина жасау» кафедрасының профессоры, Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, қаласы, Қазақстан.

**Шетелдік ғылыми кеңесшісі:**

1. Санин Троха техника ғылымдарының докторы, "Машина жасау" кафедрасының профессоры, Риека Университеті, Инженерия факультеті, Риека қаласы, Хорватия.

**Ресми рецензенттер:**

1) Ноғаев Қайрош Абилұлы техника ғылымдарының кандидаты, «Технологиялық машиналар және көлік» кафедрасының доценті, Қарағанды индустриялық университеті, (Теміртау к.). CiteScore бойынша 35-тен жоғары 9 ғылыми жарияланым бар, Хирш индексі -3;

2) Бажаев Нұрлан Аманкүлұлы PhD машинажасау докторы, Авиациялық техника және технологиялар кафедрасының қауымдастырылған профессоры. АҚ Азаматтық Авиация Академиясы, Хирш индексі -2.

Диссертация алғаш рет қорғалайын деп отыр.

Күн тәртібінде толықтырулар немесе ескертулер бар ма?

**Диссертациялық кеңестің мүшелері:**

Жоқ.

**Төраға:**

Диссертацияның аттестаттау ісінің материалдарын жариялау үшін ғылыми хатшы Басқанбаева Динара Жұмабайқызына сөз беруге рұқсат етіңіз.

**Ғылыми хатшы:**

“Қ.И.Сәтбаев Атындағы Қазақ Ұлттық Техникалық Зерттеу университетінде 8D07113 – «Аддитивті өндіріс» білім беру бағдарламасы бойынша білім алған диссертант Ибраим Әлібек Саматұлы «Машина жасау» бағыты (БББТ D103 – «Механика және металл өңдеу», БББТ D113 Материалдарды қысыммен өңдеу технологиясы ) бойынша бекітілген диссертациялық кеңеске, диссертациялық жұмысын қорғау үшін келесі құжаттарымен қабылданды: Диссертация тақырыбы: «Электр қозғалтқышының конструкциясын жақсарту үшін аддитивті технологияның қолдану мүмкіндіктерін зерттеу».

1. Докторант Ибраим Әлібек Саматұлының «Машина жасау» бағыты (D103 – «Механика және металл өңдеу», D113 Материалдарды қысыммен өңдеу технологиясы БББТ) бойынша диссертациялық кеңеске қорғауға шығу туралы өтініші.

2. Ғылыми жетекшілерінің пікірі, яғни:

Қ.И.Сәтбаев Атындағы Қазақ Ұлттық Техникалық Зерттеу университеті тарапынан ғылыми кеңесші техника ғылымдарының докторы, профессор - Абсадықов Бахыт Нарикбаевичтің пікірі;  
Шетелдік ғылыми кеңесші, Риека Университеті, Инженерия факультетінің техника ғылымдарының докторы, профессор, Санин Троха пікірі.

3. Қ.И.Сәтбаев Атындағы Қазақ Ұлттық Техникалық Зерттеу университетінің Энергетика және машина жасау институтының «Машинажасау» бағыты бойынша кеңейтілген отырысының оң қорытындысы;

4. Қатты мұқабалы және электрондық жеткізгіштегі диссертациялық жұмысы, сондай-ақ орыс, ағылшын және қазақ тілдеріндегі аңдатпалары;

5. Диссертация тақырыбы бойынша 6 ғылыми жұмыс жарияланды, оның ішінде жарияланымдар:

- Q2 және Q3 квартильдегі Scopus дерекқорына кіретін журналда 2 ғылыми мақала;

- Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету Комитеті ұсынған басылымдардағы 4 мақала;

Осы бағыт бойынша Қазақстан Республикасының 1 өнертабыс патенті бар;

6. Ғылыми еңбектердің тізімі және олардың көшірмелері;

7. Қ.И.Сәтбаев Атындағы Қазақ Ұлттық Техникалық Зерттеу университетінің этикалық комиссияның қорытындысы;

8. Ұлттық ғылыми-техникалық ақпарат орталығының анықтамасы диссертацияда авторға және алынған материал көзіне сілтеме жасамай алынған материалдың жоқтығын растайды. Ұлттық мемлекеттік ғылыми-техникалық сараптама орталығы диссертациялар қорымен салыстырмалы талдау нәтижесінде сәйкестіктер табылмағанын растайтын анықтама бар.

9. Жоғары білім туралы дипломның көшірмесі – бакалавриатты аяқтағаны туралы (нотариалды куәландырылған).

10. Магистрдің ғылыми дәрежесі туралы дипломның көшірмесі (нотариалды куәландырылған).

11. Докторантураның кәсіптік оқу бағдарламасын игеру туралы транскрипт көшірмесі бар.

12. Диссертациялық жұмыс тақырыбын бекіту туралы бұйрық.

13. Барлық құжаттар ҚР Ғылым және Жоғары білім саласындағы бақылау комитетінің Философия докторы (PhD) атағын алуға сәйкес және олар қол жетімді.

**Төраға:** Аттестаттау ісінің материалдары бойынша, ғылыми хатшыға немесе диссертантқа сұрақтар бар ма?

**Кеңес мүшелері.** Жоқ.

**Диссертацияның баяндамасы және кеңес мүшелерінің диссертацияға сұрақтары.**

**Төраға:** Диссертантқа диссертацияның мәні мен негізгі ережелерін ұсыну үшін сөз беріледі. Регламент бойынша диссертантқа 20 минут беріледі.

**Сөз сөйледі:** Ибраим Әлібек Саматұлы өз баяндамасында диссертациялық жұмысының мағынасын және жаңашылдығын баяндады. Баяндама презентация түрінде ұсынылды. Баяндама барысында келесі мәселелер қамтылды:

1. Диссертациялық жұмыстың мақсаты
2. Диссертациялық жұмыстың міндеттері
3. Қорғауға ұсынылған ғылыми ережелер
4. Зерттеу нәтижелерінің ғылыми жаңалығы
5. Диссертациялық жұмыстың тәжірибелік маңыздылығы

## 6. Диссертациялық жұмыстың қорытындысы

**Төраға.** Құрметті диссертациялық кеңестің мүшелері, диссертацияға қатысты қандай сұрақтарыңыз бар? Жұмысты талқылау үшін сұрақтар қоюларыңызды өтінемін.

**Докторантқа келесі сұрақтар қойылды:**

**Джомартов Асылбек Әбдіразақұлы техника ғылымдарының докторы**

**1-сұрақ:** Сіз дрондарға моторды металлокерамикадан жасайсыз, ол пластмассадан қаншалықты ауыр болады?

**Ибраим Ә.С.**

**Жауап:** Дронда мотор пластмассадан емес, алюминиден жасалған, сол кезде металлокерамика алюминиден 12%-ға жеңіл болады.

**Мурзахметова Ұлбала Асқарбековна - техника ғылымдарының кандидаты, доцент**

**2-сұрақ:** Алюминийді қолданудың қандай артықшылықтары бар?

**Ибраим Ә.С.**

**Жауап:** Өйткені ол қазіргі таңда 3Д принтерлар үшін ең кең таралған материал, бағасы арзан және сапасы өте жоғары, статистикалар бойынша V95 деген алюминий бар, ол авиациондық алюминий болып есептелінеді, механикалық сипаттамалары екеуінде бірдей болып саналады. Екеуінің айырмашылығы: V95 материалын тек құю арқылы алуға болады, ал алюминийді 3Д принтер арқылы басып шығаруға болады.

**Елемесов Қасым Көптілеуұлы - т.ғ.к., профессор.**

**3-сұрақ:** 3Д принтер арқылы моторды басып шығару үшін пластиктің қандай маркасы қолданылады, және оның сипаттамасы қандай?

**Ибраим Ә.С.**

**Жауап:** Негізі сырты PETG-дан басылған, ал ортасы магнитный PLA деген пластиктен басылған 2 түрлі пластик қолданылады. Арнайы берік пластиктер тандалған, 85 градус қызуға дейін шыдайды.

**4-сұрақ:** 3Д модельдегі оң жақтағы бөлшектерді түгелдей алюминийден басып шығарасың ба?

**Ибраим Ә.С.**

**Жауап:** Жоқ, тек қана ортасындағы өзегін ғана алюминийден басып шығарамыз.

**Төраға:** Құрметті әріптестер, тағы да сұрақтарыңыз бар ма?

**Тошов Жавохир Буриевич - т.ғ.д., профессор**

**5-сұрақ:** У разработанного электро мотора некоторые компоненты сделаны из пластика или все его части? И есть ли срок службы у этого мотора?

**Ибраим Ә.С.**

**Жауап:** У нас, получается, было исследовано три различные конфигурации возможности использования печати в электромоторах. Первый – это пластиковый электромотор 600-ваттный мотор, который работает в диапазоне 500-600 Ватт, сделанный полностью из пластика, единственное, у него отдельная обмотка, подшипники и валл. А все остальное сделано из пластика. То есть центральная часть с стартером полностью сделана из пластика. Это первое направление. Второе направление – мы заменили в 510-м моторе для дрона алюминиевый корпус на металлокерамику, так как металлокерамика ограничивает свойства для охлаждения мотора, как показало исследование. Третье – это готовый мотор на 40 кВт. Чтобы увеличить его мощность, мы пропечатали только сердцевину. То есть посередине алюминиевое охлаждение, получается, он сделан из алюминия. Для 3D-принтера есть специальный очень популярный алюминий, алюминий-силицию 10 магний. Очень популярный сплав, и за счет этого сплава, за счет того, что мы увеличили внутренние каналы охлаждения до 130 миллилитров, получается, его мощность увеличилась на 17%, и его жизненный цикл тоже увеличился. На данном моторе, вот 40-

киловаттний, мы считали, у него жизненный цикл 40 000 часов, а это 40 000 часов – это жизненный цикл подшипников. То есть мотор при его стандартной нагрузке он живет гораздо дольше. Стандартный мотор, у него максимальная мощность 40 кВт, это 40 кВт, а сейчас его максимальная мощность, если поменять центральную часть на печатную, она увеличится до 48 кВт.

### **Ғылыми кеңесшілердің сөз сөйлеуі.**

**Төраға:** Сөз ғылыми кеңесшіге техника ғылымдарының докторы, профессор, Абсадықов Бахыт Нарикбаевичке беріледі.

#### **Абсадықов Б.Н.:**

Ибраим Ә. С. диссертациялық жұмысты «Электр қозғалтқышының конструкциясын жақсарту үшін аддитивті технологияның қолдану мүмкіндіктерін зерттеу» тақырыбында жазды. Диссертациялық жұмыстың нәтижелері ұлттық және халықаралық ауқымда үлкен маңызға ие, себебі, жаңа конструкторлық шешімдердің электрлі көліктер мен ұшқышсыз аппараттардың тиімділігін арттыруға бағытталғандығымен, сондай-ақ отандық машина жасау саласына заманауи аддитивті әдістерді енгізуімен айқындалады.

Диссертациялық жұмысты орындау барысында докторант бірқатар маңызды ғылыми және практикалық нәтижелерге қол жеткізді. Аддитивті өндіріс үшін жобалау тұжырымдамасы негізінде тұрақты токтың коллекторсыз Электр қозғалтқыштарының дизайнын оңтайландыру әдістемесі жасалды (design for Additive Manufacturing, DfAM). Генеративті жобалау және топологиялық оңтайландыру құралдарын қолдана отырып, Autodesk Fusion 360 ортасында электр қозғалтқыштарының корпустары мен роторларының жаңа CAD модельдері жасалды, олар массаның азаюына және жылу өнімділігінің жақсаруына мүмкіндік береді.

Қазіргі заманғы САЕ-жүйелерін қолдана отырып, BLDC электр қозғалтқыштарындағы жылу, механикалық және электромагниттік процестерге кешенді мультифизикалық талдау жүргізілді. Зерттеу FDM (Полимерлі материалдар), SLM (металл қорытпалары) және Binder Jetting аддитивті технологияларын қолдана отырып, 200 Вт, 600 Вт және 40 кВт электр қозғалтқыштарының функционалды прототиптерін әзірледі және тестіледі.

Корпусының ішкі салқындату арналарын оңтайландыру арқылы электр қозғалтқыштарының жұмыс температурасын 175 °С дейін төмендету мүмкіндігі эксперименталды түрде расталды, бұл тиімділік коэффициентінің 3% - ға артуымен қатар жүрді. Стандартты өлшемдегі 5010 электр қозғалтқышының сыртқы статорына термиялық талдау жүргізілді, оның барысында  $Al_2O_3$  негізіндегі аддитивті дайындалған металл-керамикалық бөлікті стандартты алюминий және полимерлі аналогтармен салыстыру жүргізілді, бұл металл-керамиканың пассивті жылу таратудың тиімділігі бойынша артықшылығын көрсетті.

Алынған нәтижелердің практикалық тиімділігі әзірленген аддитивті компоненттерді su Racing Team командасының жарыс болидтеріне, сондай-ақ ауыр ұшқышсыз ұшу аппараттарының күштік қондырғыларына біріктіру арқылы расталады, онда олар массаның төмендеуін, жылу режимдерін жақсартуды және пайдалану тұрақтылығын арттыруды қамтамасыз етті.

Диссертациялық жұмысты орындау барысында докторант ғылыми дайындықтың, дербестік пен жауапкершіліктің жоғары деңгейін көрсетті, зерттеудің барлық кезеңдерін бекітілген жоспарға толық сәйкес орындады, қойылған мақсаттарға қол жеткізуді және тұжырымдалған міндеттерді шешуді қамтамасыз етті. Диссертацияның барлық негізгі ережелері негізделген, эксперименталды түрде расталған және практикалық бағытқа ие.

Зерттеу тақырыбының өзектілігін, ғылыми жаңалығын, алынған нәтижелердің практикалық маңыздылығын және олардың негізділік дәрежесін ескере отырып, диссертацияны қорғауға ұсынылады.

Ибраим Ә. С. зерттеулерін халықаралық ынтымақтастық (шетелдік кеңесші Санин Троха, Хорватия) аясында және нақты өндірістік сұраныстарға сәйкес жүргізді. Диссертацияны орындау кезінде докторант негізгі ғылыми нәтижелерді Scopus деректер базасындағы және отандық ҒЖБСҚК ұсынған журналдардағы ғылыми мақалаларда жариялап, өнертабысқа патенттер алды.



- стандартты алюминий қорытпаларымен салыстырғанда 24% - ға дейін тиімдірек пассивті жылууды таратуды қамтамасыз ететін қосымша өндіріс әдісімен жасалған  $Al_2O_3$  негізіндегі металл керамикалық материалдардың эксперименттік дәлелденген артықшылығы;
- 3D басып шығару әдісімен жасалған AlSi10Mg қорытпасынан жасалған электр қозғалтқышының корпусын алғаш рет жылу және құрылымдық оңтайландыру жұмыс температурасының 30% - ға дейін төмендеуіне және қозғалтқыш қуатының 15% - ға дейін артуына әкелді.

### 3. Жұмыстың практикалық маңыздылығы

Диссертациялық жұмыстың практикалық маңыздылығы электр көлігі, ұшқышсыз ұшу аппараттары және робототехникалық жүйелер үшін коллекторсыз тұрақты ток электр қозғалтқыштарын жобалау және жаңарту кезінде алынған нәтижелерді қолдану мүмкіндігінде жатыр. Әзірленген конструктивті шешімдерді, тиімділікті есептеу әдістемесін және аддитивті өндіріс материалдарын таңдау бойынша ұсыныстарды машина жасау кәсіпорындарының инженерлік-техникалық мамандары, ғылыми-зерттеу және жобалау ұйымдары пайдалана алады.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы Shell Eco-marathon жарыстары мен formula Student сериялы жарыс автомобильдері үшін энергияны үнемдейтін прототиптерде пайдаланылған электр қозғалтқыштарын әзірлеу кезінде зерттеу нәтижелерін енгізумен расталды.

### 4. Диссертациялық жұмыстың материалдарын жариялаудың толықтығы

Диссертациялық зерттеудің негізгі нәтижелері Scopus және Web of Science дерекқорларында индекстелетін халықаралық рецензияланатын журналдардағы екі мақаланы, сондай-ақ Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Білім және ғылым саласындағы сапаны қамтамасыз ету Комитеті ұсынған ғылыми журналдардағы төрт мақаланы қоса алғанда, ғылыми еңбектерде жарияланды. Диссертациялық жұмыс материалдары бойынша өнертабысқа бір патент тіркеліп, тағы екі патент сараптамадан өтті. Зерттеу нәтижелері халықаралық ғылыми-техникалық конференцияларда да ұсынылған.

### 5. Диссертациялық жұмысты қорғауға ұсыну

Докторант Ибраим Әлібек Саматұлының диссертациялық жұмысы қойылатын талаптарға толық сәйкес келеді. Осы жұмыстың авторы Ибраим Әлібек Саматұлы 8D07113 – «Аддитивті өндіріс» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алуға лайықты деп есептеймін және осы ғылыми жұмысты диссертациялық кеңесте қорғауға ұсынамын.

**Ресми рецензенттердің сөз сөйлеуі және диссертанттың олардың ескертулеріне жауаптары.**

**Төраға:** Сөз ресми рецензент, техника ғылымдарының кандидаты, доцент Ногаев Кайрош Абиловичке беріледі.

**Сөз сөйледі:** ресми рецензент – техника ғылымдарының кандидаты, доцент Ногаев Кайрош Абилович.

#### 1.1 Ғылымның даму бағыттарына және/немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігі:

Диссертация мазмұны аддитивті өндіріс, CAD/CAE модельдеу, топологиялық оңтайландыру, ішкі салқындату арналары бар конструкциялар, энергия тиімділігін арттыру және электр қозғалтқыштарын цифрлық жобалау мәселелерін қамтиды. Сол себепті жұмыс мазмұндық тұрғыдан Қазақстан Республикасында ғылымды дамытудың 2024–2026 жылдарға арналған «Озық өндіріс, цифрлық және ғарыштық технологиялар» басым бағытына сәйкес келеді. Сонымен бірге нәтижелерді электр көлігі, ұшқышсыз ұшу аппараттары және энергия үнемдейтін электр жетектері үшін қолдану мүмкіндігі оның «Энергия, озық материалдар және көлік» бағытымен де байланысты екенін көрсетеді.

Бұдан бөлек, тақырып Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2023 жылғы 28 наурыздағы №248 қаулысымен бекітілген Жоғары білім мен ғылымды дамытудың 2023–2029 жылдарға арналған тұжырымдамасының мазмұнымен де үйлеседі, өйткені бұл тұжырымдама аясында ғылым мен жоғары білім саласында цифрлық трансформация, білім беру бағдарламаларын жаңа технологиялық шындыққа бейімдеу және ғылымның нәтижелілігін арттыру бағыттары айқындалған.

- 1) Диссертация мемлекет бюджетінен қаржыландырылатын жобаның немесе нысаналы бағдарламаның аясында орындалған (жобаның немесе бағдарламаның атауы мен нөмірі);
- 2) Диссертация басқа мемлекеттік бағдарлама аясында орындалған (бағдарламаның атауы)
- 3) Диссертация Қазақстан Республикасының Үкіметі жанындағы Жоғары ғылыми-техникалық комиссия бекіткен ғылым дамуының басым бағытына сәйкес (бағытын көрсету)

Жұмыс ғылымға елеулі үлесін қосады, ал оның маңыздылығы ашылған. Жұмыста әзірленген коллекторсыз электр қозғалтқыштарының энергия тиімділігін, жылу режимін және жүктеме жағдайындағы қуаттың төмендеуін сандық бағалауға арналған жаңа есептеу әдістемесі, сондай-ақ аддитивті өндіріс жағдайында салқындату жүйелері мен құрылымдық элементтерді оңтайландырудың нақтыланған теориялық негіздері ғылымға елеулі үлес қосады. Электр қозғалтқыштарының шығыс қуатын арттыруға, жұмыс температурасын төмендетуге және энергия тиімділігін жақсартуға мүмкіндік беретін нәтижелер жұмыстың маңыздылығын айқындайды.

Өзі жазу деңгейі:

- 1) жоғары;

Жұмыста автордың дербес ғылыми ұстанымы, зерттеу логикасы және зерттеу нәтижелерін жүйелеу тәсілі айқын көрінеді. Диссертацияда компьютерлік модельдеу, есептік талдау, эксперименттік растау, материалдарды таңдау және салқындату жүйелерін оңтайландыру бойынша автордың жеке ізденісі негізінде алынған нәтижелер мен қорытындылар берілген. Зерттеу нәтижелерінің жарияланымдарда көрініс табуы және патенттік нәтижелермен расталуы да жұмыстың автордың тікелей қатысуымен, өз бетінше орындалғанын көрсетеді.

4.1 Диссертация өзектілігінің негіздемесі:

- 1) негізделген; Жұмыста коллекторсыз электр қозғалтқыштарына электр көлігі, ұшқышсыз ұшу аппараттары, робототехника және жоғары тиімді энергетикалық жүйелер салаларында қойылатын талаптардың артуы көрсетілген. Сонымен қатар, дәстүрлі өндіріс технологияларының конструкциялық икемділігінің шектеулілігі, тиімді салқындату жүйелерін біріктіру мүмкіндігінің төмендігі және жүктеме жағдайындағы энергия тиімділігі мен қуаттың төмендеуін кешенді бағалаудың әмбебап әдістерінің жеткіліксіздігі нақты ғылыми-техникалық мәселе ретінде негізделген. Осы тұрғыдан алғанда, аддитивті технологияларды пайдалана отырып, электр қозғалтқыштарының жылу тұрақтылығын, энергия тиімділігін және пайдалану сенімділігін арттыруға бағытталған зерттеу тақырыбы өзекті болып табылады.

4.2 Диссертация мазмұны диссертация тақырыбын айқындайды

- 1) айқындайды; Жұмыстың құрылымы, қарастырылған ғылыми мәселелер мен алынған зерттеу нәтижелері диссертация тақырыбын толық айқындайды.

4.3. Мақсаты мен міндеттері диссертация тақырыбына сәйкес келеді:

- 1) сәйкес келеді; Жұмыстың мақсаты, міндеттері, зерттеу нысаны, пәні және ғылыми жаңалығы тақырыппен мазмұндық тұрғыдан толық үйлеседі.

4.4. Диссертацияның барлық бөлімдері мен құрылысы логикалық байланысқан:

- 1) толық байланысқан;

Диссертацияның бөлімдері мен жалпы құрылымы өзара логикалық байланыста құрылған. Жұмыста теориялық алғышарттардан тәжірибелік зерттеуге, одан есептеу әдістемесіне және алынған нәтижелерді талдауға дейінгі ғылыми бірізділік сақталған. Бөлімдер арасындағы мазмұндық сабақтастық зерттеудің мақсаты мен міндеттеріне толық сәйкес келеді.

4.5 Автор ұсынған жаңа шешімдер (қағидаттар, әдістер) дәлелденіп, бұрыннан белгілі шешімдермен салыстырылып бағаланған:

- 1) сыни талдау бар; Диссертацияда жаңа шешімдер ретінде жүктеме жағдайында пайдалы әсер коэффициентін есептеу әдістемесі, статорды топологиялық оңтайландыру, металл-керамикалық материалдарды қолдану және ішкі салқындату арналары бар корпусы оңтайландыру ұсынылған, олардың тиімділігі нақты сандық нәтижелермен негізделген. Ұсынылған шешімдердің негізділігі сандық модельдеу мен эксперименттік зерттеулер нәтижелері арқылы расталған. Сонымен қатар, бұл жаңа шешімдер бұрыннан қолданылып келген дәстүрлі тәсілдермен, соның ішінде металл құю технологиясымен және нарықтағы сериялық BLDC электр қозғалтқыштарымен салыстырылып, олардың артықшылықтары мен қолданбалы тиімділігі бағаланған.

5.1 Ғылыми нәтижелер мен қағидаттар жаңа болып табыла ма?

1) толығымен жаңа; Диссертацияда алынған ғылыми нәтижелер мен ұсынылған қағидаттар толығымен жаңа болып табылады. Жұмыста жүктеме жағдайындағы пайдалы әсер коэффициентін және энергия шығынын бағалауға арналған жаңа есептеу әдістемесі ұсынылған, сондай-ақ статорды топологиялық оңтайландыру, металл-керамикалық материалдарды қолдану және ішкі салқындату арналары бар корпуссты жетілдіру бойынша жаңа нәтижелер алынған. Ғылыми жаңалық диссертацияның өзінде жеке көрсетіліп, қорғауға ұсынылған қағидаттарда нақты тұжырымдалған.

5.2 Диссертацияның қорытындылары жаңа болып табыла ма?

1) толығымен жаңа; Қорытындыда жүктеме жағдайындағы пайдалы әсер коэффициентін және энергия шығынын бағалау әдістемесі, статорды топологиялық оңтайландыру, металл-керамикалық материалдарды қолдану және ішкі салқындату арналары бар корпуссты жетілдіру бойынша алғаш алынған нәтижелер жинақталған. Қорытындылардың жаңалығы олардың диссертацияның ғылыми жаңалығымен және қорғауға ұсынылған қағидаттармен тікелей сабақтастығынан көрінеді.

5.3 Техникалық, технологиялық, экономикалық немесе басқару шешімдері жаңа және негізделген бе?

1) жаңа (75-100% жаңа)

Диссертацияда ұсынылған техникалық және технологиялық шешімдер жаңа әрі негізделген. Оларға жүктеме жағдайындағы пайдалы әсер коэффициентін есептеу әдістемесі, статорды топологиялық оңтайландыру, металл-керамикалық материалдарды қолдану және ішкі салқындату арналары бар корпуссты жетілдіру жатады. Олардың негізділігі сандық модельдеу, есептік талдау және эксперименттік нәтижелермен расталған, ал тиімділігі қуатты арттыру және температураны төмендету көрсеткіштері арқылы дәлелденген.

Барлық қорытындылар ғылыми тұрғыдан қарағанда ауқымды дәлелдемелерде негізделген

Диссертациядағы қорытындылар ғылыми тұрғыдан жеткілікті дәлелдемелерге негізделген. Олардың негізділігі теориялық қағидаларды, сандық модельдеуді, салыстырмалы талдауды және эксперименттік зерттеу нәтижелерін қолдану арқылы қамтамасыз етілген. Сонымен қатар, қорытындылардың нақты сандық нәтижелермен расталуы олардың сенімділігін көрсетеді.

Әр қағидат бойынша келесі сұрақтарға жауап беру қажет:

7.1 Қағидат дәлелденді ме?

1) дәлелденді;

7.2 Тривиалды ма?

2) жоқ

7.3 Жаңа ма?

1) иә

7.4 Қолдану деңгейі:

2) орташа;

7.5 Мақалада дәлелденген бе?

1) ия; Қорғауға төрт ғылыми қағидат шығарылған және олар диссертацияның негізгі ғылыми нәтижелерін толық қамтиды. Бұл қағидаттар коллекторсыз электр қозғалтқыштарының энергетикалық тиімділігін және жүктеме кезіндегі қуаттың төмендеуін сандық бағалау әдістемесін, статорды топологиялық оңтайландыру мен ішкі салқындату арналары арқылы оның функционалдық мүмкіндіктерін арттыруды,  $Al_2O_3$  негізіндегі металл-керамикалық материалдарды қолдану арқылы пассивті жылу таратуды жақсартуды, сондай-ақ ішкі салқындату арналары бар  $AlSi10Mg$  қорытпасынан жасалған корпусқа арналған жылу және құрылымдық оңтайландыруды қамтиды. Әрбір қағидат диссертацияда нақты тұжырымдалған, ғылыми жаңалық ретінде негізделген және теориялық талдау, сандық модельдеу мен эксперименттік тексеру нәтижелері арқылы дәлелденген. Қағидаттар бұрыннан белгілі шешімдерді жай қайталау болып табылмайды, жаңа сипатқа ие. BLDC электр қозғалтқыштарын жобалау, жылу және құрылымдық оңтайландыру, аддитивті өндіру арқылы дайындау және олардың энергия тиімділігін арттыру міндеттерін практикада шешуде тікелей қолдану мүмкіндігі қорғауға шығарылған ғылыми қағидаттардың қолдану деңгейінің жоғары екенін көрсетеді. Қағидаттардың ғылыми негізділігі

жарияланған мақалаларда апробациядан өтуімен және ішінара практикалық енгізілуімен қосымша расталған.

#### 8.1 Әдістеменің таңдауы - негізделген немесе әдіснама нақты жазылған

1) ия;

Диссертацияда зерттеу әдіснамасы нақты берілген және зерттеу мақсатына сай негізделген. Жұмыста электр машиналары теориясының аналитикалық әдістері, сандық модельдеу, топологиялық оңтайландыру, CAD модельдеу және салыстырмалы талдау қолданылған, бұл таңдалған әдістеменің жеткілікті түрде айқын әрі дәйекті сипатталғанын көрсетеді.

8.2 Диссертация жұмысының нәтижелері компьютерлік технологияларды қолдану арқылы ғылыми зерттеулердің қазіргі заманғы әдістері мен деректерді өңдеу және интерпретациялау әдістемелерін пайдалана отырып алынған:

1) ия; Диссертация нәтижелері компьютерлік технологияларды және ғылыми зерттеудің қазіргі заманғы әдістерін қолдану арқылы алынған. Жұмыста AutoDesk Fusion 360, MSC Nastran, сондай-ақ өндірістік дайындық пен интеграция кезеңінде EOSPRINT for Autodesk Fusion бағдарламалары пайдаланылған. Зерттеу барысында компьютерлік жобалау (CAD), сандық талдау, топологиялық оңтайландыру, сондай-ақ шекті элементтер (FEM) мен есептеу гидродинамикасы (CFD) әдістерімен модельдеу қолданылған. Бұл диссертацияда деректерді өңдеу мен интерпретациялаудың қазіргі заманғы тәсілдері пайдаланылғанын айғақтайды.

8.3 Теориялық қорытындылар, модельдер, анықталған өзара байланыстар және заңдылықтар эксперименттік зерттеулермен дәлелденген және расталған (педагогикалық ғылымдар бойынша даярлау бағыттары үшін нәтижелер педагогикалық эксперимент негізінде дәлелденеді):

1) ия; Теориялық қорытындылар мен әзірленген модельдердің негізділігі электр қозғалтқышының 3D басып шығарылған прототиптерін эксперименттік сынау нәтижелерімен расталған. Зерттеу барысында бірнеше тәжірибелік үлгі дайындалып, олардың жұмысқа қабілеттілігі, жүктеме жағдайындағы мінез-құлқы және конструкциялық орнықтылығы тәжірибелік түрде тексерілген. Сынақ нәтижелері есептік және модельдік деректермен салыстырылып бағаланған, ал сынақтан кейінгі тексеру конструкция элементтерінің күйін қосымша растаған. Сонымен қатар, металл-керамикалық материалдарды қолданудың жылу таратуға әсері де эксперименттік түрде дәлелденген.

8.4 Маңызды мәлімдемелер нақты және сенімді ғылыми әдебиеттерге сілтемелермен расталған. Диссертациядағы маңызды мәлімдемелер, әсіресе қорғауға шығарылған ғылыми қағидаттар, мәтін ішіндегі сілтемелермен және пайдаланылған әдебиеттермен өзара сабақтастықта берілген. BLDC электр қозғалтқыштарының тиімділігі, жүктеме режимдері, топологиялық оңтайландыру, ішкі салқындату арналары және аддитивті өндіріс арқылы конструкцияны жетілдіруге қатысты тұжырымдар тиісті ғылыми еңбектерге сүйене отырып негізделген. Сонымен қатар, металл-керамикалық материалдар мен корпус элементтерінің жылу сипаттамаларына қатысты қағидаттар да профильдік әдебиеттермен сүйемелденген. Бұл диссертациядағы негізгі ғылыми мәлімдемелердің нақты және жеткілікті сенімді әдеби негізге сүйеніп тұжырымдалғанын көрсетеді.

8.5 Пайдаланылған әдебиеттер тізімі әдеби шолуға жеткілікті Әдеби шолу зерттеу тақырыбына сай жүйелі құрылған және онда BLDC электр қозғалтқыштарының теориясы, аддитивті өндіріс технологиялары, 3D басып шығару арқылы электр қозғалтқыштарын әзірлеу, материалдар мен конструкциялық шешімдер мәселелері қамтылған. Диссертацияда келтірілген 76 дереккөздің 55-і әдеби шолу бөлімінде пайдаланылған. Олардың қатарында ғылыми мақалалар, шолу еңбектері, монографиялар, конференция материалдары және қолданбалы салалық жарияланымдар бар. Пайдаланылған дереккөздер құрамында іргелі еңбектермен қатар қазіргі даму үрдістерін қамтитын соңғы жылдардағы жарияланымдар да берілген, бұл әдеби шолуға қойылған негізгі міндеттерді орындауға жеткілікті дереккөздік база қалыптастырылғанын көрсетеді. Сонымен бірге, электромоторды және оның компоненттерін басу кезіндегі технологияларға шолуды дереккөздерге сілтемелермен толықтыра түсу ғылыми баяндаудың дәйектілігін одан әрі күшейтер еді.

9.1 Диссертацияның теориялық маңызы бар:

1) ия; Жұмыста коллекторсыз электр қозғалтқыштарының энергетикалық тиімділігін жүктеме жағдайында сандық бағалауға арналған әдістеме әзірленген, салқындату жүйелерінің геометриясы мен құрылымдық элементтердің топологиялық оңтайландырылуының жылу режимдеріне және рұқсат етілетін қуат тығыздығына әсерін сипаттайтын теориялық тәуелділіктер алынған, сондай-ақ аддитивті өндірілген элементтердегі жылу беру заңдылықтары айқындалған. Алынған нәтижелер аддитивті өндіріс жағдайында электр қозғалтқыштарын жобалау мен талдаудың ғылыми негізін кеңейтеді және зерттеудің теориялық құндылығын айқындайды.

9.2 Диссертацияның практикалық маңызы бар және алынған нәтижелерді практикада қолдану мүмкіндігі жоғары:

1) ия; Зерттеу нәтижелері нақты инженерлік жобаларда, соның ішінде Formula Student жарыс автомобильдерінде, Shell Eco-marathon энергия тиімді прототиптерінде, сондай-ақ ұшқышсыз және робототехникалық жүйелердің жетектерін әзірлеуде қолдануға арналған. Жұмыста әзірленген әдістеме BLDC электр қозғалтқыштарын цифрлық жобалау және жаңарту кезінде энергия тиімділігін бағалау үшін қолданылуы мүмкін. Сонымен қатар, топологиялық оңтайландырылған статорлар, жетілдірілген корпус конструкциялары және металл-керамикалық материалдарды қолдану нәтижелері пассивті салқындатылатын әрі тиімді электр қозғалтқыштарын әзірлеуде пайдалануға жарамды. Зерттеу нәтижелерінің практикалық құндылығы жарияланымдармен және патенттермен қосымша дәлелденеді.

9.3 Практикалық ұсыныстар жаңа болып табылады?

1) толығымен жаңа; Зерттеу барысында алынған ғылыми нәтижелер мен автор ұсынған техникалық шешімдер негізінде әзірленген практикалық ұсыныстар жаңа сипатқа ие. Практикалық ұсыныстардың жаңалығы олардың дәстүрлі шешімдерді қайталаумен шектелмей, электр қозғалтқышының жылу режимін, энергия тиімділігін және пайдалану сипаттамаларын жақсартуға бағытталған жаңа конструкциялық және технологиялық шешімдер түрінде ұсынылуынан көрінеді. Оларды практикада қолдану мүмкіндігі тәжірибелік үлгілерді әзірлеу және инженерлік жобаларда пайдалану арқылы расталған.

Академиялық жазу сапасы:

1) жоғары;

Диссертация академиялық стильде рәсімделген, құрылымы ғылыми жұмыс талаптарына сай берілген және зерттеудің мақсаты, міндеттері, ғылыми жаңалығы, әдістемесі, қорғауға ұсынылған қағидаттар мен қорытындылары бірізді баяндалған. Сонымен қатар, арнайы терминология жүйелі қолданылған. Жекелеген редакциялық және тілдік дәлдеуді қажет ететін тұстар кездескенімен, тұтастай алғанда диссертацияның академиялық жазу сапасы талаптарға сәйкес деп бағаланады.

Диссертация бойынша редакциялық және терминологиялық сипатқа ие келесі ескертулер бар:

1. Жұмыстың жекелеген тұстарында арнайы техникалық терминдерді нақтылау орынды. Атап айтқанда, «термодролық» сөзі диссертацияда мазмұнға сай қолданылмаған, себебі бұл жерде термодролық үдерістер емес, аддитивті өндірістегі лазерлік ұнтақ қабатын балқытуға қатысты технологиялық жүйелер мен бағдарламалық орта сипатталған.

2. Сонымен қатар, жекелеген сөйлемдерде бағдарламалар атауларының берілуінде редакциялық бірізділікті күшейту ұсынылады. Мысалы, «Autodesk Autodesk Fusion» түріндегі қайталау және Eos / EOS / EOSPRINT атауларының әртүрлі жазылуы кездеседі. Осындай атауларды бірыңғай форматта беру мәтіннің академиялық нақтылығын арттыра түседі.

3. Диссертацияда «Емен Жотасы» атауының қолданылуы редакциялық тұрғыдан дәл емес, себебі бұл Oak Ridge жалқы есімінің сөзбе-сөз аудармасы. Мұндай атауды ғылыми мәтінде «Оук-Ридж» түрінде беру орындырақ.

4. Диссертация мәтінде «шаш қыстырғышының прототиптік статорлары» тіркесінің қолданылуы терминологиялық тұрғыдан дәл емес. Бұл атау, ықтимал, hairpin stator немесе hairpin winding терминінің сөзбе-сөз аудармасы болып табылады. Ғылыми-техникалық мәтінде мұндай тіркесті «hairpin типті статорлар», «hairpin орамалы статорлар» немесе контекстке қарай «штифтті орамасы бар статорлар» түрінде нақтылап беру орынды.

5. Диссертацияның әдебиеттік шолу тарауына жататын 1.3 «Электромоторды және оның компоненттерін басу кезіндегі технологиялар» параграфында дереккөздерге сілтемелер келтірілмеген. Бұл бөлімнің дереккөздік негізін нақтылау ғылыми баяндаудың дәйектілігін арттыра түсер еді.

Алайда көрсетілген ескертулер диссертациялық жұмыс мазмұнының ғылыми тереңдігіне және оның сапасына, зерттеу нәтижелерінің дәлдігі мен ғылыми жаңалығына ықпал етпейді.

«Электр қозғалтқышының конструкциясын жақсарту үшін аддитивті технологияның қолдану мүмкіндіктерін зерттеу» тақырыбындағы диссертациялық жұмыс аяқталған зерттеу болып табылады, Қазақстан Республикасының Ғылым және жоғарғы білім министрлігінің ғылыми дәрежелерді беру ережелеріне толық сәйкес келеді, ал оның авторы Ибраим Әлібек Саматұлы ұсынылған 8D07113 – «Аддитивті өндіріс» білім беру бағдарламасы (D103 – «Механика және металл өңдеу»БББ) бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алуға лайық.

**Төраға:** Сөз дисертантқа – Ибраим Әлібек Саматұлы рецензенттердің ескертулеріне жауап беру үшін беріледі

Дисертант ресми рецензент қойған ескертуіне жауап берді:

**1 ескерту бойынша:** Негізінен ескертулер диссертациялық жұмыстың жазылуы кезінде стандарттарды ескеру және стандартқа сай безендіруге байланысты болды. Толықтай келісемін және сол ескертулерді жөндеймін.

**Төраға:** Сөз ресми рецензент, PhD докторы, қауымдастырылған профессор, Бажаев Нұрлан Аманкүлұлына беріледі.

**Сөз сөйледі:** ресми рецензент – PhD докторы, қауымдастырылған профессор, Бажаев Нұрлан Аманкүлұлы.

1.1 Ғылымның даму бағыттарына және/немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігі:

Диссертациялық жұмыс заманауи аддитивті өндіріс технологияларын және цифрлық инженерия құралдарын қолдану арқылы электр қозғалтқыштарын жобалау мен өндірудің жаңа сапалық деңгейін қалыптастыруға бағытталған. Зерттеу нәтижелері конструкция массасын азайтуға, жылу режимін жақсартуға, энергия тиімділігін арттыруға және өндірістік процестерді икемді әрі үнемді етуге мүмкіндік береді. CAD/CAE/CFD/FEA модельдеу, генеративті дизайн және топологиялық оңтайландыру тәсілдері күрделі геометриялы, ішкі салқындату арналары бар жоғары тиімді BLDC (коллекторсыз тұрақты тоқ электромоторы) электр қозғалтқыштарын жасауға жол ашады және оларды электр көлігі, ұшқышсыз жүйелер мен энергия үнемдейтін жетектер саласында тиімді қолдануға жағдай жасайды.

Жұмыс мазмұны Қазақстан Республикасында ғылымды дамытудың 2024–2026 жылдарға арналған «Озық өндіріс, цифрлық және ғарыштық технологиялар» басым бағытына сәйкес келеді, сондай-ақ «Энергия, озық материалдар және көлік» бағытымен тығыз байланысты. Сонымен қатар диссертация Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2023 жылғы 28 наурыздағы №248 қаулысымен бекітілген Жоғары білім мен ғылымды дамытудың 2023–2029 жылдарға арналған тұжырымдамасының цифрлық трансформация, инженерлік білімді жаңғырту және ғылыми нәтижелердің практикалық тиімділігін арттыру міндеттерімен үйлеседі. Осылайша, зерттеу мемлекеттік ғылыми-технологиялық даму стратегияларына сәйкес келеді және озық өндіріс пен энергия тиімді электр жетектерін дамытуға бағытталған.

1) Диссертация мемлекет бюджетінен қаржыландырылатын жобаның немесе нысаналы бағдарламаның аясында орындалған (жобаның немесе бағдарламаның атауы мен нөмірі);

2) Диссертация басқа мемлекеттік бағдарлама аясында орындалған (бағдарламаның атауы)

3) Диссертация Қазақстан Республикасының Үкіметі жанындағы Жоғары ғылыми-техникалық комиссия бекіткен ғылым дамуының басым бағытына сәйкес (бағытын көрсету)

Жұмыс электромоторларды зерттеу ғылымына елеулі үлес қосып, жан-жақты және жасалу жолдарын сипаттайды. Зерттеуде аддитивті технологияларды пайдалана отырып, коллекторсыз электр қозғалтқыштарын жобалау мен оңтайландырудың кешенді ғылыми тәсілі әзірленген. Автор қозғалтқыштардың энергия тиімділігін, жылуға төзімділігін және жүктеме кезіндегі жұмысын сандық модельдеу арқылы бағалайтын жүйелі әдісті ұсынады. Сонымен қатар

ішкі салқындату арналары, металл-керамикалық материалдар және топологиялық оңтайландыру арқылы электр машиналарының құрылымы мен жылулық параметрлерін жақсартудың ғылыми негіздері дәлелденген. Алынған нәтижелер қозғалтқыштың жұмыс температурасын төмендетуге, жылудың біркелкі таралуына және қуат тығыздығы мен энергия тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Бұл жұмыс аддитивті өндіріс пен электр машиналары теориясын ұштастыра отырып, сенімді әрі жоғары тиімді электр жетектерін жасаудың теориялық және практикалық негізін қалайды.

Өзі жазу деңгейі:

1) жоғары;

Диссертациялық жұмыста автордың жеке ғылыми көзқарасы мен мәселені шешу жолдары айқын көрінеді. Зерттеу құрылымы жүйелі құрылған: теориялық талдау, сандық модельдеу, инженерлік есептеулер мен тәжірибелік тексерулер өзара тығыз байланысқан. 3D-басып шығару жағдайында электр қозғалтқыштарын жобалау, олардың жылу режимін бағалау, топологиялық оңтайландыру және материалдарды таңдау бойынша ұсынылған шешімдер — автордың төл ізденістерінің нәтижесі. Алынған деректердің дәйектілігі, модельдеу мен тәжірибе нәтижелерінің сәйкестігі, сондай-ақ ғылыми жарияланымдар мен патенттердің болуы жұмыстың толықтай дербес орындалғанын дәлелдейді. Жалпы алғанда, бұл еңбек автордың жоғары теориялық дайындығы мен практикалық инженерлік біліктілігін толық көрсетеді.

4.1 Диссертация өзектілігінің негіздемесі:

1) негізделген; Диссертацияда қазіргі таңда электр жетектеріне қойылатын талаптардың едәуір артқаны нақты көрсетілген. Әсіресе электр көлігі, дрондар, өнеркәсіпті автоматтандыру мен энергия үнемдеу салаларында тиімділік, жылуға төзімділік, жеңілдік пен сенімділік мәселелерінің басты орынға шыққаны дәлелденген. Сонымен қатар, дәстүрлі өндіріс әдістерінің күрделі пішіндер мен ішкі салқындату жүйелерін жасауға мүмкіндігі шектеулі екені, сондай-ақ жұмыс режимдерін кешенді бағалау әдістерінің аздығы өзекті мәселе ретінде орынды көрсетілген. Осыған байланысты, 3D-басып шығаруды, цифрлық модельдеу мен топологиялық оңтайландыруды біріктіру арқылы қозғалтқыштардың сапасын арттыруға бағытталған бұл зерттеу заман талабына толық сай келеді және ғылыми-практикалық маңызы жоғары.

4.2 Диссертация мазмұны диссертация тақырыбын айқындайды

1) айқындайды; Диссертацияның құрылымы мен қарастырылған ғылыми мәселелер зерттеу тақырыбын толық ашады. Аддитивті өндіріс арқылы электр қозғалтқыштарын жобалау, жылу режимін талдау және энергия тиімділігін арттыруға қатысты алынған нәтижелер диссертация тақырыбына тікелей сәйкес келеді және оның мазмұнын нақты айқындайды.

4.3. Мақсаты мен міндеттері диссертация тақырыбына сәйкес келеді:

1) сәйкес келеді; Жұмыстың мақсаты мен міндеттері, зерттеу нысаны мен пәні, сондай-ақ ғылыми жаңалығы диссертация тақырыбымен толық мазмұндық үйлесімде берілген және зерттеу бағытын нақты сәкестігін келтіреді.

4.4. Диссертацияның барлық бөлімдері мен құрылысы логикалық байланысқан:

1) толық байланысқан;

Диссертация бөлімдері өзара толық логикалық байланыста құрылған. Теориялық негіздерден бастап модельдеу, тәжірибелік зерттеу және нәтижелерді талдауға дейінгі ғылыми бірізділік сақталған, бөлімдер мазмұны зерттеу мақсатына толық сәйкес келеді.

4.5 Автор ұсынған жаңа шешімдер (қағидаттар, әдістер) дәлелденіп, бұрыннан белгілі шешімдермен салыстырылып бағаланған:

1) сыни талдау бар; Диссертацияда ұсынылған жаңа технологиялық шешімдер мен оңтайландыру әдістері сандық модельдеу және тәжірибелік мәліметтермен толық дәлелденген. Автор ұсынған тәсілдердің тиімділігі мен басымдығы қазіргі қолданыстағы дәстүрлі өндіріс технологияларымен және сериялы қозғалтқыштармен салыстыру арқылы нақты көрсетілген. Зерттеу нәтижелеріне берілген сыни талдау олардың практикалық құндылығы мен жоғары сапасын растайды.

5.1 Ғылыми нәтижелер мен қағидаттар жаңа болып табыла ма?

1) толығымен жаңа; Диссертацияда алынған ғылыми нәтижелер мен тұжырымдар тұтастығымен ерекшеленеді. Автор энергия тиімділігін бағалаудың, статорды оңтайландырудың

және жаңа материалдар мен салқындату жүйелерін қолданудың тың тәсілдерін ұсынған. Жұмыстың ғылыми жаңалығы нақты негізделіп, қорғауға шығарылған қағидаларда айқын көрсетілген.

5.2 Диссертацияның қорытындылары жаңа болып табыла ма?

1) толығымен жаңа; Диссертация қорытындыларында жүктеме жағдайындағы энергия тиімділігін бағалаудың жаңа әдістемесі, статорды топологиялық оңтайландыру, металл-керамикалық материалдарды қолдану және ішкі салқындату арналары бар конструкцияларды жетілдіру бойынша алғаш рет алынған нәтижелер жүйеленген. Қорытындылар ғылыми жаңалықпен және қорғауға ұсынылған қағидаттармен тікелей байланысты, сондықтан олардың жаңалығы толық негізделген.

5.3 Техникалық, технологиялық, экономикалық немесе басқару шешімдері жаңа және негізделген бе?

1) жаңа (75-100% жаңа)

Зерттеу барысында әзірленген техникалық және технологиялық тәсілдер соны сипатымен ерекшеленеді және ғылыми тұрғыдан жан-жақты негізделген. Ұсынылған шешімдердің тиімділігі тек сандық модельдеумен шектелмей, нақты есептік талдаулар мен эксперименттік деректер арқылы толық дәлелденген. Автор ұсынған инновациялық әдістердің практикалық артықшылығы қозғалтқыштың қуат тығыздығын арттыру және жұмыс температурасын оңтайлы төмендету көрсеткіштерімен нақты расталған.

Барлық қорытындылар ғылыми тұрғыдан қарағанда ауқымды дәлелдемелерде негізделген

Диссертациядағы барлық қорытындылар ғылыми тұрғыдан жан-жақты дәлелдемелерге негізделген. Олардың негізділігі теориялық талдау, сандық модельдеу, салыстырмалы зерттеу және эксперименттік нәтижелер арқылы қамтамасыз етілген. Қорытындылардың нақты есептік және тәжірибелік деректермен расталуы олардың сенімділігі мен ғылыми құндылығын айқын көрсетеді.

Әр қағидат бойынша келесі сұрақтарға жауап беру қажет:

7.1 Қағидат дәлелденді ме?

1) дәлелденді;

7.2 Тривиалды ма?

2) жоқ

7.3 Жаңа ма?

1) иә

7.4 Қолдану деңгейі:

2) орташа;

7.5 Мақалада дәлелденген бе?

1) ия; Қорғауға ұсынылған төрт ғылыми қағидат диссертацияның негізгі нәтижелерін қамтиды және зерттеу мазмұнымен толық үйлеседі. Бұл қағидаттар BLDC электр қозғалтқыштарының энергия тиімділігін жүктеме жағдайында бағалау әдістемесін, статорды топологиялық оңтайландыру мен ішкі салқындату арналары арқылы жетілдіруді,  $Al_2O_3$  негізіндегі металл-керамикалық материалдарды қолдану арқылы жылу режимін жақсартуды, сондай-ақ  $AlSi10Mg$  қорытпасынан жасалған корпусты жылулық және құрылымдық тұрғыдан оңтайландыруды қамтиды.

Әрбір қағидат диссертацияда нақты тұжырымдалған және теориялық талдау, сандық модельдеу мен эксперименттік нәтижелер арқылы дәлелденген. Олар тривиалды емес, ғылыми жаңалыққа ие және бұрын белгілі тәсілдерді қайталау болып табылмайды.

Ұсынылған қағидаттардың қолдану деңгейі орташа деп бағаланады, себебі олар тәжірибелік және инженерлік есептерді шешуде қолданылуы мүмкін, алайда кең ауқымды өндірістік енгізу қосымша зерттеулерді талап етеді. Қағидаттардың негізділігі ғылыми мақалаларда жарияланып, апробациядан өтуі арқылы расталған.

8.1 Әдістеменің таңдауы - негізделген немесе әдіснама нақты жазылған

1) ия;

Диссертацияда зерттеу әдістемесі нақты сипатталған және қойылған мақсат пен міндеттерге толық сәйкес негізделген. Жұмыста барлық талдау әдістері жүйелі түрде

қолданылған. Таңдалған әдістер зерттеу міндеттерін шешуге жеткілікті әрі қисынды түрде дәйектелген.

8.2 Диссертация жұмысының нәтижелері компьютерлік технологияларды қолдану арқылы ғылыми зерттеулердің қазіргі заманғы әдістері мен деректерді өңдеу және интерпретациялау әдістемелерін пайдалана отырып алынған:

1) ия; Зерттеу нәтижелері заманауи цифрлық инженерия құралдары мен есептеу әдістерін қолдану арқылы алынған. Диссертацияда үшөлшемді параметрлік модельдеу, шекті элементтер әдісі (FEA), есептеу гидродинамикасы (CFD), электромагниттік және жылулық модельдеу, сондай-ақ генеративті дизайн және топологиялық оңтайландыру тәсілдері кеңінен пайдаланылған.

Инженерлік есептеулер мен модельдеу Autodesk Fusion 360 ортасында, ал аддитивті өндіріс параметрлерін дайындау және талдау өндірістік бағдарламалық қамтамасыз ету негізінде жүзеге асырылған. Алынған деректер көпфакторлы талдау, салыстырмалы бағалау және сандық интерпретациялау әдістері арқылы өңделген. Бұл диссертацияда ғылыми зерттеудің қазіргі заманғы цифрлық әдістері толыққанды қолданылғанын көрсетеді.

8.3 Теориялық қорытындылар, модельдер, анықталған өзара байланыстар және заңдылықтар эксперименттік зерттеулермен дәлелденген және расталған (педагогикалық ғылымдар бойынша даярлау бағыттары үшін нәтижелер педагогикалық эксперимент негізінде дәлелденеді):

1) ия; Диссертацияда алынған теориялық тұжырымдар мен әзірленген сандық модельдердің дұрыстығы тәжірибелік зерттеулер арқылы тексерілген. Аддитивті өндіріс негізінде дайындалған электр қозғалтқышының прототиптері стендтік сынақтардан өткізіліп, олардың жылу режимі, жүктеме кезіндегі жұмыс сипаттамалары және құрылымдық орнықтылығы бағаланған.

Эксперимент нәтижелері есептік және модельдік деректермен салыстырылып, олардың өзара сәйкестігі талданған. Сонымен қатар, қолданылған материалдардың жылу тарату қабілеті мен конструкциялық шешімдердің тиімділігі тәжірибелік өлшемдермен расталған. Бұл теориялық қорытындылар мен анықталған заңдылықтардың сенімділігін дәлелдейді.

8.4 Маңызды мәлімдемелер нақты және сенімді ғылыми әдебиеттерге сілтемелермен расталған. Диссертациядағы негізгі ғылыми тұжырымдар мен қорғауға ұсынылған қағидаттар отандық және шетелдік беделді ғылыми еңбектерге сүйене отырып негізделген. BLDC электр қозғалтқыштарының энергия тиімділігі, жүктеме режимдеріндегі жұмыс ерекшеліктері, топологиялық оңтайландыру, аддитивті өндіріс және ішкі салқындату арналары бойынша келтірілген мәлімдемелер тиісті ғылыми дереккөздермен расталған.

Материалтану, жылу алмасу және конструкциялық талдау мәселелеріне қатысты тұжырымдар да профильдік әдебиеттерге сілтемелер арқылы дәлелденген. Бұл диссертациядағы маңызды ғылыми мәлімдемелердің нақты, дәйекті және сенімді әдеби базаға негізделгенін көрсетеді.

8.5 Пайдаланылған әдебиеттер тізімі әдеби шолуға жеткілікті. Әдеби шолу зерттеу тақырыбына сәйкес жүйелі түрде құрылған және BLDC электр қозғалтқыштарының теориялық негіздерін, аддитивті өндіріс технологияларын, электр машиналарын 3D басып шығару арқылы әзірлеу ерекшеліктерін, материалдар мен конструкциялық шешімдерді қамтиды.

Диссертацияда пайдаланылған дереккөздер құрамына ғылыми мақалалар, монографиялар, шолу еңбектері және халықаралық конференция материалдары енген. Әдебиеттер қатарында іргелі зерттеулермен бірге соңғы жылдардағы заманауи жарияланымдардың болуы тақырыптың қазіргі даму үрдістерін ескеруге мүмкіндік береді.

Жалпы алғанда, пайдаланылған әдебиеттер тізімі зерттеу міндеттерін негіздеуге және ғылыми тұжырымдарды дәлелдеуге жеткілікті. Сонымен қатар, кейбір технологиялық аспектілер бойынша дереккөздер санын арттыру ғылыми баяндаудың толықтығын одан әрі күшейте түсер еді.

9.1 Диссертацияның теориялық маңызы бар:

1) ия; Диссертацияда коллекторсыз электр қозғалтқыштарының энергия тиімділігін жүктеме режимдерінде сандық бағалау әдістемесі әзірленген, салқындату арналарының геометриясы мен топологиялық оңтайландырудың жылу режимі және қуат тығыздығына ықпалын сипаттайтын теориялық тәуелділіктер анықталған. Сонымен қатар, аддитивті өндіріс арқылы дайындалған элементтердегі жылу алмасу ерекшеліктері жүйеленген.

9.2 Диссертацияның практикалық маңызы бар және алынған нәтижелерді практикада қолдану мүмкіндігі жоғары:

1) ия; Зерттеу нәтижелері нақты инженерлік жобаларда қолдануға бағытталған және тәжірибелік мәнге ие. Өзірленген әдістемелер мен конструкциялық шешімдер жоғары тиімді BLDC электр қозғалтқыштарын жобалау, жаңғырту және цифрлық оңтайландыру барысында пайдаланылуы мүмкін. Алынған нәтижелер электр көлігі, энергия тиімді прототиптер, ұшқышсыз және робототехникалық жүйелердің жетектерін әзірлеуде тиімді қолдануға жарамды. Практикалық маңыздылығы ғылыми жарияланымдар мен зияткерлік меншік нәтижелері арқылы қосымша расталған.

9.3 Практикалық ұсыныстар жаңа болып табылады?

1) толығымен жаңа; Диссертацияда ұсынылған практикалық ұсыныстар ғылыми нәтижелерге негізделген және жаңашыл сипатқа ие. Олар электр қозғалтқышының жылу режимін тұрақтандыруға, энергия тиімділігін арттыруға және конструкциялық сенімділігін жақсартуға бағытталған жаңа технологиялық және жобалық шешімдер түрінде берілген.

Ұсыныстар дәстүрлі тәсілдерді қайталаумен шектелмейді, аддитивті өндіріс мүмкіндіктерін ескере отырып әзірленген. Олардың қолданбалы құндылығы тәжірибелік прототиптерді дайындау және инженерлік жобаларда пайдалану арқылы расталған.

Академиялық жазу сапасы:

1) жоғары;

Диссертация ғылыми стиль талаптарына сай рәсімделген, құрылымы жүйелі және мазмұны логикалық бірізділікпен баяндалған. Зерттеудің мақсаты, міндеттері, ғылыми жаңалығы, әдістемесі, қорғауға ұсынылған қағидаттар мен қорытындылары өзара үйлесімді түрде берілген. Арнайы ғылыми терминология орынды және тұрақты қолданылған.

Жекелеген тілдік немесе редакциялық нақтылықты талап ететін тұстар болғанымен, жалпы алғанда жұмыстың академиялық жазу деңгейі жоғары деп бағаланады.

**Диссертацияда редакциялық және терминологиялық сипатқа ие келесі ескертулер бар:**

1. Кейбір бөлімдерде бір ұғым әртүрлі терминологиялық нұсқада берілген (мысалы, «энергия тиімділігі» және «энергетикалық тиімділік»). Терминдерді бірыңғай стильде қолдану мәтіннің ғылыми нақтылығын арттыра түсер еді.

2. Жекелеген суреттер мен графиктерде өлшем бірліктерін ( $^{\circ}\text{C}$ , W, kW, %, мм және т.б.) атауларында толық көрсету ұсынылады, бұл нәтижелерді қабылдауды жеңілдетеді.

3. Кейбір кестелерде нәтижелердің дөңгелектелу дәлдігі әртүрлі (бір жерде екі таңба, бір жерде үш таңба). Сандық деректерді рәсімдеуде біркелкілік сақталса, баяндау сапасы арта түседі.

4. Қорытынды бөлімінде кейбір тұжырымдарды қысқаша жинақтап, негізгі нәтижелерді тармақтап беру құрылымдық айқындықты күшейтер еді.

5. Кейбір кестелерде ағылшынша ақпарат, кейбірінде қазақша, екеуін де қазақша – бір тілде жазылу керек

6. Қосымша ақпараттарда – график- сұлбаларда шкалалар толық аударылмаған. Модельдеу бағдарламасының текст сөздеріне қосымша түсініктеме жазылса жақсы болатын еді.

Аталған ескертулер негізінен редакциялық және рәсімдеу сипатында болып табылады және диссертацияның ғылыми мазмұнына, алынған нәтижелердің жаңалығы мен дәлдігіне әсер етпейді.

«Электр қозғалтқышының конструкциясын жақсарту үшін аддитивті технологияның қолдану мүмкіндіктерін зерттеу» тақырыбындағы диссертациялық жұмыс аяқталған зерттеу болып табылады, Қазақстан Республикасының Ғылым және жоғарғы білім министрлігінің ғылыми дәрежелерді беру ережелеріне толық сәйкес келеді, ал оның авторы Ибраим Әлібек Саматұлы ұсынылған 8D07113 – «Аддитивті өндіріс» білім беру бағдарламасы (D103 – «Механика және металл өңдеу» БББ) бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алуға лайық.

**Төраға:** Сөз Ибраим Әлібек Саматұлы рецензенттердің ескертулеріне жауап беру үшін беріледі

Диссертант ресми рецензент қойған ескертуіне жауап берді:

**1 ескерту бойынша:** Толықтай келісемін, формулалар, кестелер мен үтірден кейінгі сандарды бірдей етіп жазамын.

**Диссертациялық жұмысты талқылау, кеңес мүшелерінің, қатысқан ғалымдардың және диссертациялық кеңес төрағасының сөз сөйлеуі.**

**Төраға:**

Диссертациялық жұмысты талқылауға көшейік. Кім сөз сөйлегісі келеді?

**Төраға:** Негізгі дұмыс актуалды – Аддитивті өндіріс қазір өте танымал және керек. Бұрынғыға қарағанда аддитивті технологиялар қазір қол жетімді. Электромотордың өзін алюминийден жасап көру керек, өзің тәжірбиелер қойып тексеріп көр, жұмысты жалғастыруға толық мүмкіндік бар. Кез келген ғылымды қазбаласаң, терең қазбалай беруге болады. Менің ғылыми жетекшім Дайирбеков Нариман айтқандай «Идеалу нет конца». Біз бар затқа баға беріп жатырмыз.

Джомартов Асылбек Әбдіразақұлы-эксперименттік зерттеулер зертханасының меңгерушісі, техника ғылымдарының докторы, мүше-кор. ҚР ҰИА. Академик Ө. а. Жолдасбеков атындағы Механика және машинатану институты. Хирш индексі -6.

2) Ибрагимова Зәуре Асылбекқызы - PhD, "Механика және машина жасау" кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Оңтүстік Қазақстан университеті. М. Әуезова, Шымкент қ., Қазақстан Республикасы. Хирш индексі -4.

3) Мурзахметова Ұлбала Асқарбековна - техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Л.Б. Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институты (Алматы қ.), Хирш индексі -2.

**Диссертациялық кеңестің уақытша мүшесі:** Джомартов А. Ә., техника ғылымдарының докторы, қорғауға ұсынылып отырған диссертациялық жұмысқа оң пікірін білдірді.

**Диссертациялық кеңестің уақытша мүшесі:** Ибрагимова З. А., PhD докторы, қауымдастырылған профессоры, қорғауға ұсынылып отырған диссертациялық жұмысқа оң пікірін білдірді.

**Диссертациялық кеңестің уақытша мүшесі:** Мурзахметова Ұ.А., техника ғылымдарының кандидаты, доцент, қорғауға ұсынылып отырған диссертациялық жұмысқа оң пікірін білдірді.

**Диссертациялық кеңестің төрағасы:** Елемесов Қ.К., т.ғ.к., профессор, қорғауға ұсынылып отырған диссертациялық жұмысқа оң пікірін білдірді.

**Жасырын дауыс беруді өткізу және диссертациялық кеңестің қорытындысын қабылдау.**

**Төраға:** Жасырын дауыс беру үшін біз үш адамнан тұратын есеп комиссиясын сайлауымыз керек. Қандай ұсыныстар болады? Есеп комиссиясының мүшелерімен сайлау туралы ұсыныс түсті:

1. Джомартов Асылбек Әбдіразақұлы
2. Ибрагимова Зәуре Асылбекқызы
3. Басқанбаева Динара Жұмабайқызы

Есеп комиссиясының осы құрамын бекітуге кім келіседі?

Кім қарсы?

Кім қалыс қалды?

Есеп комиссиясының құрамы бірауыздан бекітілді. Комиссияның жұмысқа кірісуін сұраймын. Онлайн қатысқан диссертациялық Кеңес мүшелерінен электронды дауыс беруді сұраймын, қолжетімді мессенджерлерді Динара Жұмабайқызы арқылы ұсынамын.

Жасырын дауыс беру үшін үзіліс жарияланады.

**Үзілістен кейін**

**Төраға:** Құпия дауыс беру нәтижелерін жариялау үшін есеп комиссиясының төрағасына сөз беріледі. Есеп комиссиясының мүшесі Ибрагимова Зәуре Асылбекқызы. Өтінемін, Сізге сөз.

**Есеп комиссиясының мүшесі:** PhD, "Механика және машина жасау" кафедрасының қауымдастырылған профессоры Ибрагимова Зәуре Асылбекқызы:  
Ибраим Әлібек Саматұлыға жалпы 9 адам дауыс беру керек, Бахыт Нарикбаевич ғылыми жетекші болғандықтан дауыс бермейді, 8 адам дауыс берді. Барлығы да бірауыздан Ия деп қолдады, қалыс қалған-жоқ, пысықтауға жіберген- жоқ, қайта қорғауға жіберу-жоқ, бәрі бір ауыздан Ия деп келісті.

**Төраға:** Есеп комиссиясының хаттамасы диссертациялық кеңестің бекітуіне шығарылады. Есеп комиссиясының хаттамасын бекіткенге кім келіседі? Кім қарсы? Кім қалыс қалды? Есеп комиссиясының хаттамасы бірауыздан бекітіледі.

### **ЖАСЫРЫН ДАУЫС БЕРУ НӘТИЖЕЛЕРІ:**

Дауыс беру нәтижелері: 8  
Келісемін - 8,  
Қарсы - жоқ  
Қалыс қалғандар – жоқ.

Құрметті диссертациялық кеңестің мүшелері өткізілген қорғау және жасырын дауыс беру нәтижелері негізінде 8D07102 – «Машина жасау» білім беру бағдарламасы бойынша Ибраим Әлібек Саматұлына философия докторы (PhD) дәрежесі берілсін.

**Төраға:** Рахмет. Диссертантқа қорытынды сөз ұсынуға рұқсат етіңіз. 1-2 минут

**Өтініш берушінің қорытынды сөзі.**

**Докторант:** Құрметті диссертациялық кеңес төрағасы, кеңес мүшелері!

Диссертациялық жұмысымды тыңдап, бағалы пікірлер мен ұсыныстар білдіргендеріңіз үшін алғысымды білдіремін.

Сондай-ақ ғылыми жетекші – Бақыт Нарикбаевич сізге көп рахмет.

Барлықтарыңызға қатысып мені тыңдағаныңызға көп рахмет!

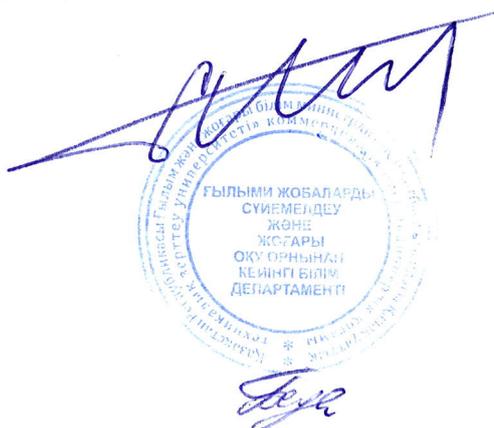
**Төраға:** Баршағызға рахмет! Бұл ретте диссертациялық кеңестің отырысы аяқталды деп есептеледі.

### **ҚАУЛЫ ЕТТІ**

Ибраим Әлібек Саматұлына қорғау және дауыс беру нәтижелері бойынша Диссертациялық Кеңес 8D07113 – «Аддитивті өндіріс» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін беру туралы шешім қабылданды.

**«Машина жасау» бағыты бойынша  
Диссертациялық Кеңестің төрағасы,  
т.ғ.к., профессор**

**«Машина жасау» бағыты  
бойынша Диссертациялық Кеңестің  
ғылыми хатшысы, PhD докторы,  
қауымдастырылған профессор**



**Қ.К. Елемесов**

**Д.Ж. Басқанбаева**